

6.Севриков В.В. Автономная автоматическая противопожарная защита промышленных сооружений. – Киев-Донецк: Вища школа, 1979. – 188 с.

Получено 12.04.2005

УДК 355

Н.И.АДАМЕНКО, канд. техн. наук

Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры

ТРИ РЕЖИМА ВЫТЕКАНИЯ ЖИДКОСТИ ИЗ РЕЗЕРВУАРА АВТОМАТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАСШИРЯЮЩЕГОСЯ ГАЗА

Показано, что возможны три режима вытекания жидкости из резервуара установок автоматического пожаротушения, которые соответственно названы: «Выстрел», «Выстрел с Подпором» и «Выстрел с Продолжением». Для реализации последнего режима в верхнюю часть резервуара монтируется клапан, который открывается, когда давление в резервуаре оказывается ниже атмосферного. Показано, что клапан позволяет за относительно короткое время в режиме «Выстрел с Продолжением» обеспечить расход жидкости существенно больший, чем в режимах «Выстрел» и «Выстрел с Подпором».

Настоящая работа посвящена проблеме взрывопожарной безопасности складов промышленных взрывчатых веществ, актуальность которой для Украины не вызывает сомнений.

Для предотвращения развития взрывопожарных чрезвычайных ситуаций используется широкий спектр методов пожаротушения, в том числе и с применением автоматических установок пожаротушения [1, 2].

В работах [3, 4] описывалась новая автоматическая установка пожаротушения, предназначенная для тушения пожаров на взрывоопасных объектах. Различные режимы работы данной установки показаны далее.

Рассмотрим вытекание жидкости из резервуара по цилиндрической трубе с радиусом a и длиной L , один конец которой вмонтирован в нижнюю часть резервуара, а другой выведен в атмосферу. В начальный момент времени $t = 0$ в верхней части резервуара находился газ, который занимал объем $V_{г.н.}$ и имел давление P_n , а нижняя часть резервуара была заполнена жидкостью, которая занимала объем $V_{ж.н.}$

Если P_n больше атмосферного давления P_a , то при $t > 0$ жидкость под действием перепада давлений начнет вытекать из резервуара по трубе в атмосферу. Как показано в [4], система уравнений, описывающая такое вытекание жидкости, существенно упрощается, если время

вытекания жидкости из резервуара t_6 является относительно малым так, что выполняется неравенство

$$t_6 \ll t_v, \quad (1)$$

где

$$t_v = \frac{a^2}{4\nu} - \quad (2)$$

время установления равновесия в поперечном круговом сечении трубы, обусловленное вязкостью жидкости, а ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости.

При выполнении неравенства (1) в течение времени t_6 жидкость движется вдоль оси трубы (ось Z), как идеальная, со скоростью

$$V_z(r,t) = V(t)\eta(a-r), \quad (3)$$

где r – расстояние от оси трубы; η – ступенчатая функция Хевисайда, равная единице, когда ее аргумент положительный и равная нулю при отрицательном значении аргумента.

Согласно [4, 5] система уравнений относительно скорости $V(t)$ и давления в резервуаре $P(t)$ можно записать в виде:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{\rho L} (P(t) - P_a); \quad (4)$$

$$P(t) = \frac{P_H V_{\text{с.н.}}}{V_{\text{с.н.}} + W(t)}, \quad (5)$$

где

$$W(t) = \pi a^2 \int_0^t V(t') dt' - \quad (6)$$

объем жидкости, который вытечет из резервуара к моменту времени t (расход жидкости к моменту t); ρ – плотность жидкости.

Система двух уравнений (4) и (5) является полной системой уравнений для двух искомых функций $V(t)$ и $P(t)$. Систему уравнений (4), (5) необходимо дополнить начальными условиями, которые в нашем случае записываются в виде

$$V(t=0) = 0; P(t=0) = 0. \quad (7)$$

Исходя из системы уравнений (4), (5) и начальных условий (7), можно описать три различных режима вытекания жидкости из резервуара под действием расширяющегося газа.

Первый режим реализуется, если начальные давление газа P_n и занимаемый им объем $V_{г.н}$ настолько велики (соответствующие неравенства см. в [4]), что в течение всего времени вытекания $t_в$ жидкости из резервуара правая часть уравнения (4) остается положительной. В этом случае в течение всего промежутка времени $0 \leq t \leq t_в$ жидкость будет двигаться с ускорением так, что скорость движения жидкости будет максимальной в момент $t_в$ опустошения сосуда. Этот, так называемый, режим «Выстрел» был исследован в работе [4].

Второй режим реализуется, если начальные давление P_n и занимаемый им объем $V_{г.н}$ не столь велики, чтобы в течение всего времени выполнялся режим «Выстрел» (соответствующие неравенства приведены в работе [4]). В этом случае режим вытекания будет состоять из двух этапов.

На первом этапе, пока правая часть уравнения (4) положительная, жидкость будет ускоряться до некоторого момента t_a . В момент времени t_a давление расширяющегося в резервуаре газа упадет до значения, при котором правая часть уравнения (4) обратится в нуль и ускорение жидкости прекратится. Скорость движения жидкости в момент времени t_a будет максимальной и первый этап, протекающий в интервале времени $0 \leq t \leq t_a$, будет отвечать режиму «Выстрел».

Дальнейшее вытекание жидкости из резервуара приведет к тому, что при $t > t_a$ давление газа, который занимает объем вытекающей жидкости, станет уже столь низким, что правая часть уравнения (4) уже будет отрицательной величиной. В итоге при $t > t_a$ скорость движения жидкости будет уменьшаться вплоть до ее остановки в момент времени t_0 .

Второй этап, который длится в течение времени $t_a < t < t_0$, назовем этапом «Подпор», который сопровождается уменьшением скорости движения жидкости. А соответственно весь рассмотренный режим вытекания, который состоит из двух этапов, назовем режимом «Выстрел с Подпором».

Можно предложить и третий режим вытекания жидкости из резервуара, исходя из детального анализа этапа «Подпор». При этом придется внести изменения в конструкцию резервуара.

Важным обстоятельством на этапе «Подпор» является то, что при вытекании из резервуара жидкости газ в верхней части резервуара расширяется настолько, что его давление оказывается ниже атмосферного. Именно это обстоятельство приводит к уменьшению скорости вытекания жидкости по трубе из резервуара вплоть до ее полной оста-

новки.

Режим «Выстрел с Подпором» можно изменить, если вмонтировать в верхнюю часть резервуара клапан, который открывается тогда, когда давление газа в резервуаре оказывается меньше атмосферного. В этом случае первый этап «Выстрел» не меняется, поскольку при этом давление газа в резервуаре выше атмосферного и клапан закрыт. Зато на втором этапе, как только давление в резервуаре оказывается меньше атмосферного, клапан открывается и давления в резервуаре и атмосфере оказываются одинаковыми и равными P_a .

В итоге на втором этапе, когда $P(t > t_a) = P_a$ правая часть уравнения (4) обратится в нуль и жидкость будет продолжать вытекать из резервуара по трубе с постоянной скоростью, так что фактически получится продолжение этапа «Выстрел». В связи с этим рассматриваемый здесь третий режим можно назвать «Выстрел с Продолжением».

Для трубы с радиусом $a = 1$ см, когда жидкостью является вода при температуре 20°C время $t_b = 25$ с. Это время можно увеличить за счет увеличения радиуса трубы. Так, при $a = 2$ см, согласно (2), время $t_b = 100$ с.

Из выполненных расчетов следует, что при не слишком малых значениях P_n и $V_{г.н.}$ скорость движения жидкости на втором этапе с открытым клапаном будет столь велика, что за время, удовлетворяющее неравенству (1), на загоревшийся объект обрушится достаточно большой объем воды. При этом, конечно, должен быть и соответствующий объем резервуара.

В заключение отметим, что каждый из трех рассмотренных выше режимов имеет свои достоинства и недостатки. Режим «Выстрел» предпочтителен, когда объект такой, что в случае его возгорания будет достаточно короткого гидравлического удара.

Режим «Выстрел с Подпором» нужен тогда, когда следует сочетать короткий гидравлический удар на начальном этапе возгорания с более продолжительным пожаротушением на завершающем этапе пожаротушения. Оба этих режима не требуют дополнительных затрат на установку клапана в верхней части резервуара.

В режиме «Выстрел с Продолжением» за относительно короткое время, определяемое неравенством (1), можно обеспечить расход жидкости существенно больший, чем в режиме «Выстрел» и «Выстрел с Подпором». Это обстоятельство является важным, когда объект такой, что в случае пожара необходимо быстро ликвидировать относительно большой очаг возгорания. В этом случае дополнительные затраты на

установку клапана в верхней части резервуара и его обслуживание являются оправданными.

1. Качалов А.А. Противопожарное водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1985. – 285 с.

2. Христич В.В., Дерев'янюк О.А. та ін. Системи пожежної та охоронної сигналізації. – Харків: АПБУ МВС України, 2001. – 115 с.

3. Адаменко М.І., Гелета О.В., Федюк І.Б. Розробка методики пожежегасіння складів вибухових речовин за допомогою автоматичної установки пожежегасіння нового типу // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.60. – К.: Техніка, 2004. – С.278-281

4. Адаменко М.І., Гелета О.В. Математична модель витікання рідини з резервуару в режимі «Постріл» // Науковий вісник будівництва. Вип.35, т.ІІ. – Харків, 2005. – с.147-152.

5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – М : Наука, 1986. – 733 с.

Получено 07.04.2005

УДК 614.842

В.М.ЖАРТОВСЬКИЙ, д-р техн. наук,
Ю.В.ЦАПКО, канд. техн. наук, О.Г.БАРИЛО

Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України, м.Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕБІОЗАХИСТУ ТКАНИН ТА ПАПЕРУ

Наводяться результати дослідження вогнезахисної ефективності антипіренів для тканин та паперу на основі фосфатів сечовини. Показано ефективність вогнезахисту тканин (віскози, бавовни, льону, поліефірів, суміші бавовни з поліефірами) та паперу композицією антипірену (фосфат сечовини) з антисептиком.

Використання в побуті, на транспорті, а також у промисловості важкогорючих і важкозаймистих матеріалів є одним з основних напрямків профілактики виникнення пожеж. Це зумовило прийняття нормативного документу ДБН В.1.1-7-2002 [1], де передбачається захист людей на шляхах евакуації від дії небезпечних факторів пожежі. У будинках усіх ступенів вогнестійкості, крім будинків V ступеня вогнестійкості, на шляхах евакуації не дозволяється застосовувати будівельні матеріали з високою пожежною небезпекою.

Сьогодні найбільш розповсюдженими матеріалами для оброблення приміщень традиційно залишаються тканини (штори, гардини, занавіски) і папір (наприклад, шпалери), але в зв'язку з їх підвищеною горючістю такі матеріали відносяться до пожежонебезпечних матеріалів.

Основні вимоги до вогнезахисту цих матеріалів полягає у наданні їм здатності протистояти полум'ю за рахунок зниження горючості та його поширення. У результаті оброблення засобами вогнезахисту виключається можливість загоряння целюлозних матеріалів від малока-